

Estratégias de adubação para produção de grãos em rotações de culturas de 2 e 3 anos no Planalto Sul Catarinense

Carla Maria Pandolfo¹ e Milton da Veiga²

Introdução

O Planalto Sul Catarinense tem na produção de grãos uma importante atividade agrícola, realizada predominantemente em Nitossolos, Cambissolos e Latossolos que, juntos, representam aproximadamente 96% dos solos do município de Campos Novos (Dufloth et al., 2005). Esses solos possuem uma dinâmica de disponibilidade de nutrientes às plantas, principalmente de fósforo (P), que é regulada pela adsorção específica em grupos funcionais de superfície em óxidos de ferro e de alumínio (Bissani et al., 2008), presentes em grandes quantidades nesses solos, sendo mais intensa em sistemas de manejo com revolvimento do solo. Mesmo com a mudança do sistema de preparo convencional para o sistema plantio direto, ocorrido a partir da década de 90, no qual o revolvimento do solo e a erosão são menores e a eficiência da adubação é maior, muitos agricultores continuam utilizando as mesmas doses de nutrientes, com adubos formulados para diferentes culturas, ou ainda aumentando essas doses. Essa “regionalização” da adubação muitas vezes não atende as recomendações existentes para os Estados do RS e de SC (Sociedade..., 2004), as quais se baseiam na análise de solo ou de tecido vegetal e na resposta das culturas para recomendar doses de corretivos e fertilizantes. Essa recomendação pressupõe a elevação dos teores de P disponível e K trocável no solo ao longo dos anos, até atingir rendimento relativo de cerca de 90% do máximo esperado (Sociedade..., 1995; Sociedade..., 2004), condição em que geralmente se obtém o máximo retorno econômico.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de comparar a adubação recomendada pela Comissão de Fertilidade do Solo (CFS) em função dos resultados da análise do solo (Sociedade..., 1995) à tradicionalmente utilizada pelos agricultores da região e o fornecimento apenas de nitrogênio (N), sobre a produtividade das principais culturas cultivadas na região e os teores de P disponível e de K trocável no solo.

Os experimentos

Foram conduzidos dois experimentos na Estação Experimental da Epagri, localizada no município de Campos Novos, região do Planalto Sul Catarinense, em solo mapeado como Nitossolo Vermelho (Laus Neto et al., 2000). A análise inicial do solo da área apresentou, na camada de até 10cm:

66% de argila; 5,7 de $pH_{\text{água}}$; 4mg/dm³ de P disponível; 138mg/dm³ de K trocável; 3,3% de MO, zero de Al trocável; e 6,2cmol_c/dm³ de Ca + Mg trocáveis. Uma vista geral da área dos experimentos pode ser observada na Figura 1.

Os experimentos diferem entre si pelo ciclo de rotação de culturas utilizado, sendo um de 2 anos, com as sequências anuais de culturas trigo-soja e aveia + ervilhaca-milho (Figura 2), e outro de 3 anos, com as sequências anuais de culturas aveia + ervilhaca-milho, aveia-soja e trigo-feijão (Figura 3). Em cada experimento, as culturas (duas ou três) foram cultivadas concomitantemente em parcelas com 5 x 15m e os tratamentos de adubação aplicados em subparcelas de 5 x 5m, em delineamento em blocos ao acaso com parcelas subdivididas e quatro repetições. ▶



Figura 1. Vista geral da área do experimento por ocasião da semeadura das culturas

Aceito para publicação em 9/11/11.

¹ Eng.-agr., Dra., Epagri/Estação Experimental de Campos Novos, BR-282, km 338, Trevo, 89620-000 Campos Novos, SC, fone: (49) 3541-0748, e-mail: pandolfo@epagri.sc.gov.br.

² Eng.-agr., Dr., Epagri/Estação Experimental de Campos Novos, e-mail: milveiga@epagri.sc.gov.br.



Figura 3. Culturas de soja, feijão e milho em desenvolvimento no experimento com rotação de culturas de 3 anos



Figura 2. Culturas de soja e milho em desenvolvimento no experimento com rotação de culturas de 2 anos

Os tratamentos de adubação aplicados

Adubação nitrogenada: Aplicação de N na base e em cobertura nas culturas de milho, feijão e trigo e inoculação de sementes com *Bradyrhizobium* na cultura da soja. As doses de N foram calculadas considerando-se tanto a cultura comercial como a cultura que a antecedeu, de acordo com a recomendação do Manual de Adubação e Calagem para os Estados do RS e de SC (Sociedade..., 1995), vigente na época de instalação dos experimentos. O N foi aplicado na proporção de 1/3 da dose na base e 2/3 em cobertura, utilizando-se como fonte o nitrato de amônio (NA).

Adubação recomendada: Adubação preconizada pela Comissão de Fertilidade do Solo do Núcleo Regional Sul da SBCS, vigente na época de instalação do experimento (Sociedade...,

1995), baseada na análise do solo e definida para cada cultura comercial, utilizando-se as fontes NA para o N, superfosfato triplo (ST) para o P e cloreto de potássio (KCl) para o K. As doses e parcelamentos de N por cultura foram os mesmos do tratamento anterior.

Adubação do agricultor: Adubação de base e de cobertura mais frequentemente utilizada para cada cultura pelos agricultores da região. Foram aplicados 300kg/ha de adubo formulado na semeadura, utilizando-se a fórmula empregada para cada cultura comercial por uma parcela representativa (moda) de produtores que adotam nível tecnológico alto (Tabela 1). Na adubação nitrogenada em cobertura foi utilizado como fonte o NA.

As quantidades de P e K aplicadas em cada tratamento no período do experimento estão apresentadas na Tabela 2.

Foram determinados os rendimentos de grãos de milho, soja, feijão e trigo, e de massa seca (MS) de aveia-preta e aveia-preta + ervilhaca. Também foram avaliados os teores de P disponível e de K trocável no solo (Tedesco, 1995) em amostras coletadas na camada de até 10cm no início e no 3º e 5º anos do estudo. Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando

observada significância estatística a 5% de probabilidade ($P < 0,05$), as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey. A comparação dos atributos de solo foi feita apenas entre os tratamentos dentro de cada ano amostrado.

P disponível e K trocável no solo

Em ambos os experimentos (Tabela 3), observa-se que os teores de P disponível e de K trocável no solo no 5º ano foram iguais entre si nos tratamentos adubação do agricultor e adubação recomendada, e superiores ao tratamento adubação nitrogenada, no qual não foram aplicados esses nutrientes. Isso demonstra que as diferentes quantidades aplicadas e exportadas desses nutrientes afetaram a disponibilidade ao longo do tempo de experimentação. Na camada de até 10cm, os teores de P no início do estudo foram altos ou muito altos (Sociedade..., 2004), mas diminuíram significativamente no tratamento adubação nitrogenada nas coletas realizadas no 3º e 5º anos, passando para médios em ambos os experimentos.

Observa-se, ainda, que os teores de P se encontravam abaixo de 6mg/dm^3 no 3º e 5º anos de experimentação, teor considerado crítico para esse nutriente na respectiva classe textural do solo, situação em que haveria maior resposta à adubação. O mesmo não foi constatado para o K trocável no tratamento adubação nitrogenada, no qual, mesmo com os decréscimos verificados ao longo do período, os teores se mantiveram altos ou muito altos em todos os anos avaliados. A redução nos

Tabela 1. Tipo e quantidade de adubo formulado aplicado na base e quantidade de N aplicado em cobertura para cada cultura no tratamento adubação do agricultor

| Cultura | Adubo formulado | | N em cobertura |
|---------|--|-------|-----------------------------------|
| | N-P ₂ O ₅ -K ₂ O Fórmula | kg/ha | kg/ha |
| Milho | 10-25-25 | 300 | 90 |
| Soja | 0-25-25 | 300 | 0 |
| Feijão | 5-25-25 | 300 | 45 |
| Trigo | 5-25-25 | 300 | 40 ^s / 50 ^m |

^s e ^m = após soja e milho, respectivamente.

Tabela 2. Quantidade total de P, K e N adicionados nos tratamentos adubação do agricultor e adubação recomendada nos 5 anos de experimentação

| Rotação | Tratamento | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N |
|---------|------------------------|-------------------------------|------------------|-------|
| | |kg/ha..... | | |
| 2 anos | Adubação recomendada | 418 | 330 | 748 |
| | Adubação do agricultor | 525 | 525 | 1.050 |
| 3 anos | Adubação recomendada | 377 | 335 | 712 |
| | Adubação do agricultor | 450 | 450 | 950 |

Tabela 3. Teores de P disponível e K trocável na camada de até 10cm em três épocas de amostragem, com aplicação de três tratamentos de adubação para rotações de culturas de 2 anos e de 3 anos

| Adubação | Rotação | | | | | |
|------------------------------|-----------|--------|--------|-----------|-------|--------|
| | Dois anos | | | Três anos | | |
| | Ano 0 | Ano 3 | Ano 5 | Ano 0 | Ano 3 | Ano 5 |
| P (mg/dm³) | | | | | | |
| Nitrogenada | 9,1 a | 5,2 b | 4,7 b | 9,1 a | 4,7 c | 4,5 b |
| Recomendada | 9,3 a | 7,8 ab | 10,9 a | 12,6 a | 7,0 b | 8,9 a |
| Agricultor | 9,4 a | 10,0 a | 11,8 a | 10,1 a | 9,1 a | 14,8 a |
| K (mg/dm³) | | | | | | |
| Nitrogenada | 231 a | 178 b | 155 b | 278 a | 231 b | 219 b |
| Recomendada | 234 a | 237 a | 246 a | 273 a | 287 a | 316 a |
| Agricultor | 250 a | 283 a | 271 a | 280 a | 321 a | 303 a |

Nota: em cada atributo do solo, médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05).

teores de P disponível e de K trocável no solo pelo cultivo prolongado sem aplicação desses nutrientes também foi constatada por Veiga & Pandolfo (2007) em um Latossolo Vermelho, onde foram cultivadas as mesmas culturas em ciclo de rotação de 3 anos.

Rendimento de grãos e de massa seca

Na rotação de culturas de 2 anos, observaram-se diferenças na cultura do milho a partir do 4º ano, quando o rendimento nos tratamentos adubação do agricultor e adubação recomendada foram maiores do que no tratamento adubação nitrogenada (Tabela 4).

Nesse ano todos os tratamentos diferiram entre si, com maior rendimento de grãos no tratamento adubação do agricultor. No 5º ano, no entanto, os tratamentos adubação do agricultor e adubação recomendada foram iguais

e superiores ao tratamento adubação nitrogenada, o que pode ser explicado pela redução na disponibilidade dos nutrientes observada ao longo do tempo nesse tratamento, principalmente nos teores de P disponíveis, que passaram da faixa de disponibilidade alta para média (Tabela 3).

Na média dos 5 anos, o rendimento de grãos de trigo e de massa seca (MS) de aveia-preta + ervilhaca foram iguais entre os tratamentos adubação do agricultor e adubação recomendada, os quais foram superiores ao tratamento adubação nitrogenada. Para a soja, por sua vez, somente houve diferença entre os tratamentos adubação do agricultor e adubação nitrogenada.

No experimento com rotação de culturas de 3 anos não foram observadas diferenças significativas de rendimento de MS de aveia-preta, com exceção do 5º ano (Tabela 5). Nesse experimento houve resposta aos tratamentos para o

milho no 2º, no 4º e no 5º ano, quando o tratamento adubação do agricultor foi superior ao tratamento adubação nitrogenada, e no 2º ano também foi superior ao tratamento adubação recomendada. Na soja somente houve diferença significativa entre os tratamentos no 3º ano, com menor produção no tratamento com adubação nitrogenada nos anos anteriores. No feijão o rendimento médio de grãos foi maior no tratamento adubação do agricultor em relação aos demais, e no trigo os tratamentos adubação do agricultor e adubação recomendada não diferiram entre si e foram superiores ao tratamento adubação nitrogenada.

Em função dos resultados obtidos, pode-se inferir que a adubação com N, P e K em quantidades similares às utilizadas pela maioria dos agricultores da região que adotam maior nível tecnológico e as recomendadas a partir da análise do solo e das necessidades das culturas não se diferenciaram entre si quanto aos teores de P disponível e K trocável na camada de solo de até 10cm ao final de 5 anos de experimentação, nem quanto ao rendimento de grãos e de massa seca para a maioria das culturas e anos. Isso reforça a informação de que as quantidades de nutrientes recomendadas para as culturas a partir de calibrações realizadas em diferentes condições edafoclimáticas são tecnicamente mais aconselháveis do que o uso de adubos formulados padronizados para cada cultura.

A aplicação apenas de N, por sua vez, pode ser uma estratégia de adubação utilizada em uma emergência, como, por exemplo, em anos com preço elevado dos fertilizantes ou com expectativa de clima desfavorável, uma vez que, se utilizada por vários anos, resultará na redução dos teores de P disponível e de K trocável no solo e, consequentemente, no rendimento das culturas.

A utilização das doses recomendadas com base na análise do solo e na expectativa de produção é sempre mais indicada, por reduzir os riscos econômicos e ambientais advindos do emprego de doses de P e K altas e, muitas vezes, desnecessárias para a cultura. ►

Tabela 4. Rendimento de grãos de milho, soja e trigo e de massa seca de aveia-preta + ervilhaca (kg/ha) em 5 anos de cultivo de uma rotação de culturas de 2 anos, com a aplicação de tratamentos de adubação

| Adubação | Ano de cultivo/Cultura | | | | | Média |
|-------------------------|------------------------|---------|------------------|------------------|------------------|---------|
| | 1 | 2 | 3 ⁽¹⁾ | 4 ⁽¹⁾ | 5 ⁽¹⁾ | |
| Milho ⁽²⁾ | | | | | | |
| Nitrogenada | 5.536a | 8.560a | 4.090a | 3.860c | 2.320b | 4.447 |
| Recomendada | 5.812a | 10.963a | 4.687a | 4.864b | 3.600a | 5.588 |
| Agricultor | 6.351a | 11.398a | 5.383a | 5.585a | 4.236a | 6.198 |
| Soja | | | | | | |
| Nitrogenada | 2.363 | 3.098 | 1.030 | 1.339 | - | 1.958b |
| Recomendada | 2.299 | 3.195 | 1.261 | 1.546 | - | 2.075ab |
| Agricultor | 2.387 | 3.632 | 1.350 | 1.513 | - | 2.220a |
| Trigo | | | | | | |
| Nitrogenada | 821 | 486 | 1.576 | 1.894 | - | 1.194b |
| Recomendada | 1.058 | 1.127 | 1.843 | 3.117 | - | 1.786a |
| Agricultor | 1.265 | 1.005 | 1.929 | 3.405 | - | 1.901a |
| Aveia-preta + ervilhaca | | | | | | |
| Nitrogenada | 4.940 | 3.250 | 4.390 | 3.350 | - | 3.983b |
| Recomendada | 5.080 | 3.410 | 5.890 | 3.760 | - | 4.535a |
| Agricultor | 6.060 | 4.580 | 8.300 | 4.425 | - | 5.841a |

⁽¹⁾ Rendimentos baixos em função da ocorrência de estiagens.

⁽²⁾ Interação ano x tratamento.

- = perda por estiagem.

Nota: em cada cultura, médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si (Tukey, p < 0,05).

Tabela 5. Rendimento de grãos das culturas e de massa seca dos adubos verdes (kg/ha) em 5 anos de cultivo de uma rotação de culturas de 3 anos, em função da aplicação de tratamentos de adubação

| Adubação | Ano de cultivo/Cultura | | | | | Média |
|----------------------------------|------------------------|---------|------------------|------------------|------------------|--------|
| | 1 | 2 | 3 ⁽¹⁾ | 4 ⁽¹⁾ | 5 ⁽¹⁾ | |
| Milho ⁽²⁾ | | | | | | |
| Nitrogenada | 5.546a | 9.145c | 4.033a | 3.834b | 3.423b | 5.196 |
| Recomendada | 6.095a | 9.955b | 4.359a | 4.477ab | 5.830a | 5.940 |
| Agricultor | 6.263a | 10.865a | 5.122a | 4.684a | 5.470a | 6.481 |
| Soja ⁽²⁾ | | | | | | |
| Nitrogenada | 2.289a | 3.235a | 1.635b | 1.419a | - | 2.144 |
| Recomendada | 1.755a | 3.246a | 2.407a | 1.439a | - | 2.199 |
| Agricultor | 2.223a | 3.399a | 2.551a | 1.381a | - | 2.389 |
| Feijão | | | | | | |
| Nitrogenada | 1.888 | 2.175 | 1.014 | 588 | - | 1.416b |
| Recomendada | 1.896 | 2.218 | 1.090 | 630 | - | 1.486b |
| Agricultor | 1.808 | 2.768 | 1.247 | 722 | - | 1.636a |
| Trigo | | | | | | |
| Nitrogenada | 716 | 713 | 1.722 | 1.889 | 1.084 | 1.225b |
| Recomendada | 859 | 911 | 2.348 | 2.716 | 2.083 | 1.783a |
| Agricultor | 959 | 1.095 | 2.113 | 3.359 | 2.019 | 1.909a |
| Aveia-preta ⁽²⁾ | | | | | | |
| Nitrogenada | 7.260a | 3.770a | 5.260a | 4.949a | 4.151b | 5.078 |
| Recomendada | 6.870a | 4.210a | 5.560a | 5.276a | 5.264a | 5.429 |
| Agricultor | 5.720a | 4.740a | 6.080a | 5.070a | 4.142b | 5.150 |
| Aveia + Ervilhaca ⁽²⁾ | | | | | | |
| Nitrogenada | 6.810ab | 2.730a | 6.530a | 3.538a | 2.874b | 4.496 |
| Recomendada | 8.390a | 2.227a | 9.180a | 5.633a | 3.646b | 6.135 |
| Agricultor | 5.810b | 4.000a | 7.480a | 4.256a | 4.409a | 5.191 |

⁽¹⁾ Rendimentos baixos em função da ocorrência de estiagens.

⁽²⁾ Interação ano x tratamento.

- = perda por estiagem.

Nota: em cada cultura, médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si (Tukey, p < 0,05).

Literatura citada

1. BISSANI, C.A.; GIANELLO, C.; CAMARGO, F.A.O. et al. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. 2.ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. 344p.
2. DUFLOTH, J.H.; CORTINA, N.; VEIGA, M. da et al. (Org.). **Estudos básicos regionais de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2005. CD-ROM.
3. LAUS NETO, J.A.; PUNDEK, M.; RIGO, P.H. et al. **Inventário das terras da Estação Experimental de Campos Novos**. Florianópolis: Epagri, 2000. 58p.
4. SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 3.ed. Passo Fundo, RS: SBRS-Núcleo Regional Sul; Comissão de Fertilidade do Solo – RS/SC, 1995. 224p.
5. SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. Núcleo Regional Sul. **Manual de adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre: SBRS-NRS, 2004. 400p.
6. TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de Solos/UFRGS, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).
7. VEIGA, M.; PANDOLFO, C.M. Produção de culturas e fertilidade do solo em função de sistemas de adubação em um Latossolo Vermelho. **Agropecuária Catarinense**, v. 20, n.1, p. 37-40, 2007. ■